



**Universidad**  
**Zaragoza**

## **Trabajo Fin de Máster**

**Máster Universitario en Profesorado de  
Educación Secundaria Obligatoria,  
Bachillerato, Formación Profesional y  
Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas  
Especialidad de Física y Química**

**Análisis de actividades realizadas en el Máster**  
**Review of activities carried out throughout the**  
**Master**

Autor

**Rafael Logroño García**

Directora

**Ana María Aragüés Díaz**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**2020**

## Índice

1. Introducción.....	3
1.1. Historia personal: Formación, motivaciones y expectativas.....	3
1.2. La profesión docente.....	4
2. Justificación de la selección de los trabajos incluidos .....	7
2.1. El trabajo por proyectos en física .....	9
2.2. Elementos comunes a ambos trabajos .....	11
2.3. La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas .....	12
2.4. Gravedad y órbitas mediante computación .....	15
3. Presentación de los trabajos seleccionados .....	17
3.1. La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas .....	18
3.2. Gravedad y órbitas mediante computación .....	22
4. Reflexiones .....	27
4.1. Reflexión común a los dos proyectos.....	28
4.2. Reflexión sobre “La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas” .....	30
4.3. Reflexión sobre “Gravedad y órbitas mediante computación” .....	30
4.4. Reflexión de la experiencia docente.....	31
5. Conclusiones .....	35
6. Bibliografía .....	37

## **1. Introducción**

En este apartado se hace referencia, en primer lugar, a la historia personal que me ha llevado a realizar el máster de profesorado, para después, hacer una revisión de la profesión docente en base a la experiencia adquirida a lo largo del curso.

### **1.1 Historia personal: Formación, motivaciones y expectativas.**

A lo largo de mi vida escolar, desde que era un estudiante en primaria, hasta bachillerato, nunca tuve una vocación clara hacia donde dirigirme. Siempre fui un niño muy curioso, lector y devorador de información, con intereses que iban saltando de un tema a otro, muy diversos entre sí. Tras una importante reflexión personal, me di cuenta de que precisamente la curiosidad era mi vocación; quería dedicarme a investigar, descubrir, hacer preguntas... Las ciencias básicas pasaron a ser el referente al que dirigirme de cara a la elección de una carrera universitaria. Sin embargo, era incapaz de decantarme por una de ellas, tenía dudas entre aquellas que se planteaban los grandes interrogantes; la biología, y el origen de la vida, y la física, y el origen del cosmos.

Finalmente, me decidí por la física, porque tuve un profesor tan excepcional de biología en 2º de Bachillerato, y disfruté tanto de esa asignatura, que me di por satisfecho y quería centrarme en aquello que gustándome, no había disfrutado tanto. El eje sobre el que giran los trabajos seleccionados para esta memoria, es el mismo que me hizo no apreciar tanto la física en la formación secundaria, y que en apartados posteriores expandiremos; pero puedo resumirlo diciendo que la falta de formación matemática en la ESO y Bachillerato, limita profundamente la comprensión, y por lo tanto aprendizaje y posterior disfrute, de la física.

Durante la carrera, tuve la oportunidad de recibir una importante formación en matemáticas, gracias a la cual, comprendí finalmente su importancia como lenguaje de la física y la ciencia en general, algo que no había comprendido en etapas previas de mi educación. Además, la licenciatura de física tenía una serie de asignaturas para aproximarse a la programación y a la resolución de problemas mediante computación, un aspecto que a pesar de no parecer importante en dicho momento, ha resultado ser de capital importancia en el presente para el mercado laboral de físicos y físicas. Por supuesto, también aprendí física, de una manera no integral, (porque lo primero que aprendí es la enorme variedad de ramas que existen), pero sí integradora, estudiando la física a través de su desarrollo en los últimos siglos y articulando en un lenguaje y estilo común las diferentes disciplinas comprendidas en el gran árbol que representa. Lo que más destacaría de mi formación universitaria, es la adquisición de una mentalidad científica, en lo relativo al análisis, estructuración y resolución de problemas, con el uso de las matemáticas como lenguaje, y un gusto por la “belleza” formal de las explicaciones científicas a los fenómenos naturales. De manera transversal, me gustaría destacar que pude desarrollar también mi capacidad de trabajar en equipo,

trabajar con ordenadores, comunicar resultados, y aplicar las metodologías adquiridas no sólo a otras cuestiones científicas sino a problemas rutinarios. Aunque el transcurso de la carrera resultó duro, con momentos mejores y momentos peores, nunca me arrepentí de la elección. Con los años he aprendido a valorar mucho más la formación recibida, e incluso pienso que con las capacidades desarrolladas en la carrera y años posteriores, podría repetirla aprovechando y extrayendo mucho más de cada asignatura.

En el transcurso de la carrera, se nos orientaba principalmente a salidas laborales relacionadas con la investigación, por ser lo más demandado entre los estudiantes. Me habría gustado tener en ese momento los testimonios, experiencias y relatos de físicos y físicas trabajando en industria, sector servicios, y sobre todo educación...porque seguro habrían ayudado a ampliar las miras y a tomar una decisión con bases más fuertes. Además, los testimonios que recibimos acerca de la carrera investigadora, eran en su inmensa mayoría de profesores de la Universidad con años de experiencia, lo que era una muestra sesgada, y no representaba fielmente la realidad del mundo de la investigación.

Así pues, sin realmente llegar a plantearme otra posibilidad orienté mis esfuerzos tras la carrera a la realización de una tesis doctoral, preferentemente en el campo de la astrofísica, por ser este el que más me atraía de entre todos los de la física. Para intentarlo, realicé un máster con un trabajo final sobre supernovas de colapso nuclear. La experiencia resultó del todo gratificante y pude conseguir una beca para realizar el doctorado en el centro de estudios de física del cosmos de Aragón (CEFCA), en Teruel. Durante 4 años, llevé a cabo mi trabajo diario en dicho centro, con el fin de escribir una tesis doctoral a su término. En ese tiempo, pude ahondar en la formación recibida en la carrera de una manera que no había imaginado, y de manera transversal, pude desarrollar más todos los aspectos comentados previamente, añadiendo el hecho de trabajar en un entorno internacional, en inglés, y con encuentros frecuentes y comunicaciones en diversos lugares del mundo, lo cual considero una experiencia de valor incalculable no sólo para el ámbito profesional sino también para el personal.

Como contrapartida, durante mi experiencia, pude descubrir cómo funcionaba el mundo de la investigación, algo que no conocía hasta entonces. Sin intención de disertar acerca de este asunto, lo cual correspondería a otro tipo de trabajo, simplemente puedo resumirlo diciendo que mis aspiraciones personales y familiares chocan de frente con la manera en la que funciona la investigación. Por ello, ya desde el primer año, tuve claro que aunque siempre me dedicaría a la investigación de una manera u otra, probablemente no lo iba a hacer desde un punto de vista profesional, y aunque quería disfrutar de la experiencia, tuve que ir pensando en mis próximos pasos.

En mis años en la investigación descubrí mi vocación por transmitir conocimientos, sobre todo, a estudiantes de secundaria y de primeros años universitarios; no sólo a nivel divulgativo, sino también a nivel formal. Llevé a cabo muy diversas actividades de divulgación, y participé en actividades docentes como la realización de prácticas, y ayuda a la dirección de trabajos fin de grado y fin de máster. Además de esto, durante muchos años fui monitor de un club excursionista, donde tenía a mi cargo a grupos de jóvenes de secundaria. Me resultaba muy satisfactorio contemplar la evolución de estos jóvenes a lo largo de un curso, con la incorporación de valores, formas de pensar, actuar... de las que me sentía parcialmente responsable.

Con todos estos elementos, al terminar mis 4 años de beca, pensé que la mejor de las opciones era compaginar el año que iba a pasar escribiendo la tesis, con la realización de máster, para al terminar buscar una salida profesional en la docencia en secundaria y/o universitaria y la divulgación. Así pues, me matriculé en el máster con la motivación principal de complementar mi formación científica con la formación necesaria para poder transmitirla correctamente, con expectativas de conocer el funcionamiento del día a día de un centro de educación, estudiar las diversas características de la adolescencia y como tratar con ellas, aprender a gestionar y manejar un grupo de adolescentes con sus diferencias, aprender y usar diferentes metodologías y herramientas para el aprendizaje, saber enseñar ciencias desde la didáctica, y sobre todo, probar la experiencia de ponerme delante de una clase.

Aunque tuve dudas hasta el final de matricularme en matemáticas o en física y química, acabé decidiéndome por la segunda opción, porque consideré necesario tener un contacto de nuevo con la química, tras muchos años ausente en mi desempeño diario, cosa que no podía decir de las matemáticas. Tras concluir el curso, y tal y como se desarrollará a lo largo del trabajo, puedo decir que estoy satisfecho con la formación recibida, y espero poder desempeñar con ilusión, ganas y buenos resultados, la profesión docente.

## **1.2 La profesión docente**

A lo largo del curso, he podido adquirir una amplia visión de lo que es la profesión docente con el desarrollo de las diferentes asignaturas, he agrupado lo que considero que es más importante de la profesión docente en tres dimensiones: la dimensión del mundo educativo, del adolescente, y de la didáctica.

En cuanto a la dimensión del mundo educativo, en “Procesos y contextos educativos”, nos aproximamos a los detalles y organización del sistema educativo, y como desde la legislación estatal y autonómica, se articula el día a día de un centro en los diferentes documentos institucionales del mismo. Aprendí sobre el desarrollo histórico que han tenido las diferentes leyes de educación, y me sorprendió la cantidad de trabajo que requiere la organización de la vida del

centro y su preparación, comprendiendo toda la labor que requiere la profesión docente fuera de las aulas. En el “Prácticum I”, pudimos comprobar *in situ* todo lo aprendido, al poder ver de cerca un centro educativo y conocer su organización y funcionamiento, elaborando una memoria en la que se analizaban todos estos y más detalles. Mi visión de los centros educativos cambió al ver todo lo que conllevan, y desde entonces, creo que gestionar un centro educativo es una labor de gran dificultad. Además, en “Sociedad, familia y procesos grupales”, entendí las relaciones existentes entre la sociedad, la familia, el mundo educativo, y cómo afectan al estudiante. Tratamos importantes temas como la socialización de los adolescentes, los modelos de familia o los problemas que representan asuntos como el racismo y la violencia de género, que por desgracia siguen de actualidad, y son de particular importancia en la educación secundaria, puesto que desde los centros educativos se puede realizar una importante labor de prevención en años tan importantes como son los de la adolescencia.

En cuanto a la dimensión del adolescente, como individuo al que se dirige la profesión docente en secundaria, pude aprender en “Psicología del desarrollo y de la educación” sus principales características en cuanto a su desarrollo y aprendizaje (mecanismos, procesos, variables que influyen...), así como las dificultades que pueden aparecer y su respuesta por parte del docente. Me resultaron muy interesantes diversos temas como el desarrollo cognitivo de Piaget, el tratamiento de problemas de la adolescencia como el bullying, los modelos cognitivos del aprendizaje y el funcionamiento de la memoria. Me sorprendió la variedad de diferentes modelos de aprendizaje que existen, algo que nunca me había planteado ni siquiera como modelizable. En “Procesos y contextos educativos” vimos la importancia de la tutoría, orientación y atención a la diversidad para atender las necesidades de cada joven. Pude entender que no es la integración el fin sino la inclusión, y con la optativa “Atención a los alumnos con necesidades educativas específicas”, profundizamos en el tema, viendo qué adaptaciones pueden realizarse para llevar esa inclusión a cabo, en función de las necesidades de cada estudiante. Me sorprendió y alegró comprobar el desarrollo que ha experimentado la escuela hacia un modelo integrador, algo que no percibí en mi educación obligatoria. En un contexto grupal, en “Sociedad, familia y procesos grupales”, aprendimos técnicas y metodologías, para gestionar un grupo de adolescentes de manera eficiente, teniendo en cuenta sus diferencias individuales y las diferentes etapas en las que se encuentra el grupo. Llevamos a cabo multitud de dinámicas para grupos que sin duda utilizaré en el ejercicio de mi profesión. En la optativa, “Habilidades comunicativas para docentes”, aprendimos sobre técnicas discursivas para aplicar en el desarrollo de las clases, de manera que estas resulten más dinámicas y fáciles de seguir. Estaba particularmente interesado en este asunto, debido a que en mi vida profesional he dado multitud de charlas formales a público profesional, y me gustaría diferenciar mis clases de este estilo ya adquirido.

El resto de asignaturas se centraron en la dimensión didáctica de la profesión docente, empezando por “Procesos y contextos educativos”, donde aprendimos lo que era el currículo, y como se articulan los objetivos, competencias, contenidos, metodologías y criterios de evaluación didácticas, así como algo tan importante, como son los diferentes tipos de evaluación, dado que muchos de nosotros hemos vivido siempre en el binomio trabajos-exámenes. A partir de entonces, entendí que el diseño de toda actividad en el contexto del aula, tiene que partir de estos elementos curriculares, y así fue para todos los trabajos y actividades restantes del máster. Además, en “Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales”, llevé a la práctica lo aprendido mediante la elaboración de una programación didáctica, una importante tarea en el día a día de la profesión docente que ha de tener en cuenta no solo los elementos recogidos en el currículo, sino además, en diversos documentos institucionales del centro. Además, en esta asignatura, tomamos contacto por primera vez con aspectos didácticos de la física y la química. Por primera vez, reflexioné sobre cómo enseñar, y caí en la cuenta de aspectos tan importantes a tener en cuenta como el uso del lenguaje, imágenes, ideas previas, o el diseño de actividades entre otros. Todos estos elementos fueron desarrollados más explícitamente en la asignatura de “Diseño de actividades de aprendizaje de física y química”, en la que llevé a la práctica la teoría dada mediante la elaboración de actividades y un proyecto didáctico. En cuanto a las metodologías didácticas, en “Innovación e investigación educativa en física y química”, descubrimos multitud de herramientas TIC para la didáctica, que habríamos de usar inesperadamente para el desarrollo del “Prácticum II” en modalidad a distancia, a causa de la pandemia de Covid-19 en la primavera de 2020. Este prácticum, resultó “incompleto” al no poder hacerlo presencialmente, y desarrollar las clases y actividades planificadas, sin embargo, tuve la suerte de poder hacer todo lo que los medios tecnológicos permitían, dando clase y haciendo actividades adaptadas, resultando así en una experiencia más que satisfactoria y sin duda enriquecedora en lo que a la educación a distancia se refiere.

## **2. Justificación de la selección de los trabajos incluidos**

El desarrollo del máster incluye la realización de múltiples trabajos de diferentes características: tanto individuales como en grupo, de elaboración propia o recopilación de información, audiovisuales entre otros.

De entre todos los trabajos del máster, se eliminaron todos aquellos que no contuvieran una propuesta de intervención didáctica. Los trabajos con una propuesta de intervención didáctica integran un mayor número de saberes desarrollados en el máster y permiten un análisis más exhaustivo. Así pues, trabajos como la píldora informativa sobre el condicionamiento clásico en “Psicología del desarrollo y la educación”, el portfolio de “Contenidos disciplinares de química”, el

portfolio y trabajo de análisis de una clase en “Habilidades comunicativas para docentes”, la actividad de laboratorio en “Diseño de actividades”, el portfolio de prácticas y el trabajo de una dinámica grupal en “Sociedad, familia y procesos grupales”, y las memorias de los “Prácticums I y II” quedaron descartados.

Dado el carácter individual del trabajo fin de máster, de entre los trabajos restantes se eliminaron aquellas propuestas de intervención realizadas en grupo, para incluir contenido exclusivamente personal. Interesantes propuestas como la propuesta didáctica para alumnado con altas capacidades en el tema de fuerzas y movimientos de física y química de 2º de ESO, en la asignatura de “Atención a alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo”, o la propuesta da didáctica acerca de la física del siglo XX a través de la mujer científica en la asignatura de “Procesos y contextos educativos” fueron descartadas.

De entre los cuatro trabajos restantes, se seleccionaron dos. El primero de ellos es el trabajo de fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales “La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas”, de la asignatura “Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales”. El segundo es el proyecto didáctico “Gravedad y órbitas mediante computación”, también para 4º de ESO, elaborado en la asignatura “Diseño de actividades de aprendizaje de física y química”.

Podrían haberse seleccionado los otros trabajos, la programación didáctica “Interacción gravitatoria en Física de 2º de Bachillerato”, que además incluye el proyecto de innovación docente “Órbitas y gravitación mediante simulaciones”, pero los trabajos finalmente seleccionados, además de tratar temas que se complementan, se centran en un curso como 4º de ESO, no tan avanzado y centrado en contenidos en el ámbito de la Física como 2º de Bachillerato. Este hecho, hace que los trabajos seleccionados contengan más elementos para analizar desde un punto de vista didáctico. Además de todo lo anterior, los temas de los que tratan los trabajos cuentan con un sesgo personal de interés, al tratarse de ámbitos de la física y las matemáticas ampliamente estudiados en etapas previas de mi formación, lo que hace que el número de ideas a aplicar y la implicación, sea mucho mayor de lo que sería en otros temas. Este hecho, a su vez, requiere un importante esfuerzo a la hora de hacer didáctico el saber científico, lo que se conoce como transposición didáctica (Chevallard 1998), clave en el proceso de enseñanza aprendizaje, como veremos más tarde.

El trabajo “La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas”, profundiza en la transposición didáctica que se lleva a cabo para explicar la mecánica newtoniana en 4º de ESO, poniendo el foco en su relación con las matemáticas. Existen trabajos que han analizado las dificultades en la transferencia y aprendizaje del modelo de la mecánica newtoniana (Hinojosa y Sanmarti 2013, Petrucci y Cappannini 2017), así como la influencia de la falta de conocimiento de conceptos matemáticos en el aprendizaje de la física (Rodríguez 2011). El objetivo final de este



trabajo es hacer una propuesta de los contenidos curriculares de matemáticas que haría falta conocer para poder llevar a cabo una explicación más fidedigna del modelo de la mecánica newtoniana, haciendo más fácil su comprensión, así como estudiar la factibilidad de introducir dichos contenidos en el currículo, adelantándolos respecto a su posición actual. Este trabajo no fue elaborado con la intención de ser aplicado en el Prácticum II, por ello, en la presente memoria se desarrollarán algunas partes previamente no desarrolladas.

El trabajo “Gravedad y órbitas mediante computación” es en un proyecto didáctico que busca innovar en la enseñanza de la física mediante el uso de una simulación informática elaborada por el docente, pero que pueden modificar los estudiantes. Este enfoque permite progresar a los estudiantes en física, a la vez que hacen uso de herramientas tan cotidianas para ellos como un ordenador, y se inician en el mundo de la programación informática; familiarizándose, y si es posible despertando su interés, con un lenguaje de programación como Python, uno de los más usados en la actualidad para la representación gráfica de datos, lo cual trasciende a la física y es aplicable a multitud de ámbitos profesionales. Este trabajo fue elaborado con la intención de ser aplicado en el Prácticum II, aunque las circunstancias acaecidas en la primavera del 2020 con la pandemia de Covid-19 lo impidieron.

## **2.1. El trabajo por proyectos en física**

La enseñanza de las ciencias en secundaria, y más aún si cabe de la física, no es una tarea de fácil desempeño por parte del docente, el cual se enfrenta a numerosos retos, como la pérdida de interés por parte del alumnado (Subramaniam, 2011), o la dificultad intrínseca que entraña, por el hecho de contar con las matemáticas como lenguaje principal (Rodríguez 2011, Elizondo-Treviño 2013, Petrucci y Cappannini 2017). Todo ello, en el contexto de una sociedad en el que los profesionales científico-técnicos están cada vez más demandados, a pesar de bajar el número de matriculaciones en este tipo de carreras (Rubio, 2019).

Ante esta perspectiva, la innovación en la docencia de la física es más un requerimiento que una opción. La enseñanza por proyectos, rompiendo el tradicional binomio teoría-problemas, supone un punto de partida en el que pueden tener cabida multitud de actividades diferentes, previamente planificadas, y dirigidas a la consecución de objetivos concretos. Tenemos la suerte de vivir en un momento en el que se puede ir mucho más allá de la pizarra y el papel, sin requerir una inversión cuantiosa de dinero. La gran cantidad de recursos que ha abierto la revolución digital, ya sea en forma de videos divulgativos, simulaciones, o incluso videojuegos, nos permite acercarnos a la física de maneras inimaginables hace tan solo medio siglo, haciendo más interesante, atractivo y variado su aprendizaje. Por ello, es más sencillo que nunca realizar proyectos que innoven en su

enseñanza aprovechando ese mundo de posibilidades, aún sin renunciar a la explicación de teoría y resolución de problemas tradicionales, pero si complementándolas.

El trabajo por proyectos en física permite trabajar tanto en el aula como fuera de ella, individualmente o en grupo, tratar varias competencias al mismo tiempo, usar TICs o montajes prácticos... todo ello, dotando de una autonomía mayor al estudiante, y fomentando además la participación e interacción social. Lo más importante, es que le hace participe de su propio aprendizaje, construyéndolo activa y significativamente. (Vega 2015, Sanmarti-Puig & Márquez-Bargalló 2017).

Nótese, como se habla de la construcción del aprendizaje; y es que el conocimiento científico no se da por una simple acumulación de información, sino que esconde un desarrollo que involucra añadir y cambiar conceptos, siempre en interrelación. Este enfoque, es el denominado enfoque constructivista; el estudiante está en el centro, con sus ideas y conocimientos que va sustituyendo y conectando con los nuevos en el proceso de aprender (Driver, 1986) .

Por esta razón, a la hora de planificar un proyecto, el docente ha de realizar una adaptación del saber científico a los estudiantes, a través de una transposición didáctica (Chevallard, 1998), teniendo en cuenta: (1) Las ideas previas del estudiante, sobre las cuales se va a construir el aprendizaje. Estas concepciones son fruto de la experiencia y cumplen con muchas de las características recogidas en Campanario & Otero, 2000. Es necesario utilizarlas como punto de partida para planificar y dirigir las actividades. (2) Las posibles dificultades en el desarrollo del aprendizaje, ya sean intrínsecas a la materia o impuestas por el desarrollo cognitivo del estudiante. (3) Los intereses del estudiante en dicho momento, que van a marcar en gran medida su grado de implicación.

Además, en el caso concreto, de la física, podemos incluir los siguientes aspectos metodológicos a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo un proyecto:

- Aprendizaje colaborativo: contribuyendo a que los estudiantes colaboren y se comuniquen para argumentar los métodos y resultados, tanto en la resolución de problemas como en el trabajo experimental.
- Aprendizaje basado en problemas: la física, como ciencia básica, ha sido desarrollada a partir del planteamiento de cuestiones acerca de la naturaleza. De la misma manera, se puede seguir ese procedimiento en clase, potenciando el enfoque constructivista del aprendizaje, (Becerra-Labra et al. 2005, Becerra-Labra et al. 2012, Cheng et al. 2017).
- Aprendizaje personalizado: el estudio de la física, supone la apropiación del alumnado de sus modelos explicativos, métodos y técnicas, para aplicarlos posteriormente a otras

situaciones que no tienen por qué ser del ámbito de la física. De este modo se potencia también el enfoque constructivista del aprendizaje, y se desarrolla el pensamiento lógico y crítico del alumnado.

## **2.2. Elementos comunes a ambos trabajos**

Los dos trabajos seleccionados están basados en la misma disciplina física, la mecánica newtoniana, es por eso, que este hecho permite realizar un análisis didáctico conjunto de los elementos comentados en el punto previo.

En el ámbito de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en Aragón, del que trata el presente trabajo, la mecánica newtoniana se estudia de manera indirecta en 2º curso, para retomarse en 4º curso ya de manera explícita, aunque con una necesaria transposición didáctica. La finalidad última del aprendizaje de este modelo, sin explorar otras que no sean de carácter científico, ha de ser que los y las estudiantes lo relacionen y lo sepan utilizar en esos casos cotidianos.

Desde un punto de vista general, nos preguntamos en primer lugar si el desarrollo cognitivo y los conocimientos previos de los estudiantes de 4º de ESO son suficientes como para poder desempeñar las actividades de ambos proyectos con éxito. Manzanal & Barreiro (2005) hicieron un estudio al respecto, llegando a la conclusión de que el desarrollo cognitivo es la variable más importante para afrontar el aprendizaje de la física. Según Lizaso et al. (2017), en cuanto al pensamiento científico y la resolución de problemas, los adolescentes presentan una capacidad cada vez más analítica, pero presentan limitaciones que hay que atender, como la mala construcción de modelos científicos. Lizaso et al. (2017) argumentan también que el razonamiento hipotético deductivo en adolescentes mejora, haciéndolos capaces de partir de premisas iniciales y plantear hipótesis en base a ellas, usando experimentos para comprobarlas. En base a esta información, ambos proyectos han de explayarse en la explicación del modelo científico del que tratan, asegurándose de que los estudiantes lo comprenden de manera correcta; pero a la vez han de provocar preguntas en base al modelo que impliquen una exploración y el uso del razonamiento hipotético-deductivo por parte del estudiante.

Desde un punto de vista particular, la mecánica newtoniana presenta sus propias dificultades de aprendizaje, analizadas en trabajos como Wainmaier y Salinas 2005, Hinojosa y Sanmarti 2013, Petrucci y Cappannini 2017, influenciadas por las ideas previas de los estudiantes. Estas pueden agruparse en:

- Dificultades conceptuales: están relacionadas con los conceptos involucrados en el modelo. Por ejemplo, en el caso de la interacción gravitatoria, puede resaltarse la dificultad de

relacionar las diferentes manifestaciones de la gravedad a nivel terrestre y cósmico con una misma teoría unificada. Esto se puede ver expresado en ideas previas erróneas habitualmente expresadas como “¿Por qué la Luna no se cae?” (BBC, 2015) o la célebre “ingravidez” o “gravedad 0” que se nombra en todo tipo de medios audiovisuales al describir situaciones en órbita a la Tierra.

- Dificultades metodológicas: la abstracción necesaria para el planteamiento de los casos a estudiar suele representar una de las mayores dificultades a la hora del estudio de la mecánica newtoniana y la física en general. En el caso concreto de la mecánica newtoniana; la asignación de un marco de referencia y un sistema de coordenadas, así como las consecuencias en los signos de las magnitudes que de ellos deriva es un ejemplo. Puede destacarse también la dificultad que presentan los estudiantes en la correcta utilización de las herramientas matemáticas (Rodríguez, 2011); el limitado conocimiento de matemáticas en la educación secundaria, hace que las herramientas usadas en la mecánica newtoniana se reduzcan a un listado de ecuaciones que el estudiante ha de aprender por imposición, aportando un contexto menos favorable para la comprensión del modelo, y contribuyendo a la presencia de otras dificultades conceptuales y metodológicas (Petrucci y Cappannini, 2017).

Por último, es importante tener en cuenta los intereses de los estudiantes a la hora de planificar el proyecto. Por ello, al planificar las actividades, ha de tenerse en cuenta qué metodologías pueden resultar interesantes y atractivas, no sólo a los estudiantes de manera personal sino de cara a su futuro. Por ello, en los proyectos se va a hacer uso de metodologías de interés para los estudiantes, como la computación, mediante la simulación de sistemas de dos cuerpos desde un punto de vista gravitatorio.

A continuación, se describen y contextualizan las particularidades de cada trabajo desde un punto de vista didáctico, en base a los objetivos, contenidos, competencias, metodología y evaluación. Estos, constituyen los elementos principales del currículo, los cuales han sido usados a lo largo del curso para enmarcar trabajos y proyectos dentro de la legislación vigente y documentos institucionales de los centros.

### **2.3. La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas**

La motivación personal para hacer este trabajo vino de la experiencia personal de haber estudiado en el final de la etapa secundaria la mecánica newtoniana sin una base matemática, lo cual no sólo no despertó mi interés sino que aumentó su dificultad y limitó mi entendimiento y

visión general de la misma, algo de lo que me di cuenta al conocer las matemáticas necesarias en etapas posteriores.

### **Objetivos**

Los objetivos del trabajo que se plantearon se enumeran a continuación:

- Introducir contenidos matemáticos complementarios para una mejor comprensión de la teoría física de la mecánica newtoniana.
- Evaluar y valorar la viabilidad de la propuesta en términos de la dificultad que supone el adelanto de conceptos matemáticos de cursos posteriores y del grado de comprensión de la teoría física, para ampliar o reducir la propuesta.

### **Análisis de contenidos y competencias**

Según la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón, los contenidos relativos a mecánica newtoniana en Física y Química de 4º de ESO son:

- En el bloque 4, “El movimiento y las fuerzas”: El movimiento. Movimientos rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado y circular uniforme. Naturaleza vectorial de las fuerzas. Leyes de Newton. Fuerzas de especial interés: peso, normal, rozamiento, centrípeta. Ley de la gravitación universal.
- En el bloque 5, “La energía”: Energías cinética y potencial. Energía mecánica. Principio de conservación. Formas de intercambio de energía: el trabajo y el calor. Trabajo y potencia.

Los cuales, contribuyen a trabajar la competencia en comunicación lingüística, la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, la competencia digital, la competencia de aprender a aprender y las competencias sociales y cívicas.

Tal y como se ha comentado, se llevó a cabo un análisis de la transposición didáctica realizada para explicar los contenidos de la mecánica newtoniana. En disciplinas científicas, la transposición didáctica de los modelos para ser enseñados en los diferentes niveles educativos constituye una dificultad añadida al proceso de enseñanza, debido principalmente a la complejidad de dichos modelos, y al hecho de que los conocimientos científicos reposan sobre otros previos, que varían según el nivel del alumnado, los cuales es necesario tener en cuenta. Concretamente, cuando se enseña física en niveles de secundaria, se da el hándicap de que la física usa las matemáticas como lenguaje, siendo el nivel de matemáticas necesario para un conocimiento fiel de los modelos físicos superior al que el alumnado presenta. Este hecho condiciona las transposiciones didácticas y supone un reto para la enseñanza de la física en la ESO. Se analizaron dichos contenidos en un libro de

texto de Física y Química de 4º de ESO como ejemplo, concretamente tras analizar el de uso libre de Alís et al. 2018, se puede llegar a las siguientes conclusiones con respecto a la transposición didáctica de la mecánica newtoniana:

- No se aprecia una transposición significativa en las explicaciones de los conceptos fundamentales (masa, velocidad, aceleración, fuerza, energía, trabajo, etc...), así como en algunas metodologías como la elección de un sistema de coordenadas, el marco de referencia o la modelización de los objetos. Se cuenta con multitud de casos teóricos y prácticos para la afianzación de estos aspectos.
- En los casos prácticos, se reduce el carácter tridimensional de la mecánica newtoniana al caso particular de una sola dimensión, evitando el uso de magnitudes vectoriales.
- En este y otros libros de texto de 4º de ESO, se omite el contenido relativo al movimiento circular.
- Los casos teóricos y prácticos presentados tienen un incremento de dificultad conforme se avanza en la explicación, pero son los más sencillos dentro del modelo.
- Se presentan las fórmulas y ecuaciones sin profundizar en su origen ni en su derivación desde los conceptos fundamentales.

En el trabajo, se presentaron las ecuaciones matemáticas que resumen la teoría de la mecánica newtoniana al hacer la transposición, tal y como veremos próximamente, tras lo cual, se presentaron las mismas ecuaciones con las demostraciones matemáticas necesarias para su deducción. Los contenidos matemáticos necesarios incluyen un sólido conocimiento de funciones, así como nociones de derivación e integración. Según la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón, las funciones son uno de los contenidos curriculares de Matemáticas en 4º de ESO. No así la derivación e integración, que forman parte de cursos posteriores, 1º y 2º de Bachillerato respectivamente.

### **Metodologías utilizadas**

Tal y como se ha comentado, el trabajo no fue diseñado para su aplicación en el aula, pero en caso de que así fuera, la metodología utilizada consistiría en la realización de clases magistrales dedicadas a la explicación de los contenidos matemáticos necesarios. Veremos la secuenciación próximamente.

## **Evaluación**

En cuanto a la evaluación, esta estaría centrada en dos aspectos, buscando evaluar por un lado, la comprensión de los contenidos disciplinares matemáticos; y evaluar por otro, el grado de entendimiento de la teoría física en relación con dichos contenidos.

Para el primero de los aspectos a evaluar, se utilizaría un cuestionario de control final al término de las sesiones, de preguntas cortas de tipo “prueba abierta”, en este, se incluirían sencillos casos prácticos de derivadas e integrales a resolver, así como preguntas para valorar la comprensión de los conceptos. Esta evaluación serviría al docente para valorar la viabilidad de la propuesta didáctica en términos de la dificultad de los conceptos matemáticos, y no sería calificable, siendo por sí misma un instrumento de mejora. Para despertar el interés de los estudiantes, dicha evaluación se llevaría a cabo por grupos en clase, y en modo concurso, motivando la participación.

El segundo de los aspectos a evaluar, se evaluaría mediante preguntas abiertas incluidas en los problemas del cuaderno de problemas de la asignatura, constituiría así una evaluación continua de tipo “prueba abierta” dentro de una producción como es un cuaderno de problemas. Con estas preguntas, se buscaría comprobar si los conceptos matemáticos dados han contribuido a una mejor comprensión de la mecánica newtoniana. Serían de tipo demostración matemática de algunas ecuaciones, o de deducción de propiedades físicas a partir de la interpretación gráfica de figuras. Estas preguntas serían calificables, dentro del conjunto de problemas del cuaderno, pero aportando siempre una calificación adicional a la oficial, ya que se está tratando con contenidos extracurriculares al curso. Por la misma razón, en cualquier examen del bloque del tipo prueba final, no se incluirían preguntas con referencia a los contenidos extracurriculares.

### **2.4. Gravedad y órbitas mediante computación**

La motivación personal para hacer este trabajo vino de la experiencia personal de usar la programación en el día a día de mi trabajo, algo para lo que tuve poca preparación previa en todas las etapas de mi formación, y que poco a poco se está subsanando. Además, este es el primer proyecto de una serie de ideas para desarrollar en el futuro, que permitan compatibilizar la docencia de diferentes contenidos de la física con simulaciones. El hecho de que los contenidos de física sean los mismos curso tras curso, pero con una evolución en la complejidad y profundidad con las que se ven, permite adaptar estos proyectos a diferentes cursos haciendo modificaciones, de hecho, el proyecto de innovación docente “Órbitas y gravitación mediante simulaciones” para 2º de Bachillerato desarrollado en la asignatura “Innovación e investigación educativa en física y química” constituye una evolución del proyecto elaborado para 4º de ESO.

## **Objetivos**

Los objetivos que se plantearon fueron:

- Iniciarse y familiarizarse en el uso de una programación informática para resolver problemas físicos.
- Aproximarse a la idea de que la caída libre de los cuerpos y el movimiento orbital son dos manifestaciones de la ley de la gravitación universal.
- Identificar las aplicaciones prácticas de los satélites artificiales y la problemática planteada por la basura espacial que generan.

## **Análisis de contenidos y competencias**

Los contenidos y competencias tratados en el proyecto corresponden con el bloque 4 de la asignatura de Física y Química de 4º de ESO, descritos en el trabajo anterior, aunque centrándose este en la ley de gravitación universal.

En cuanto a esta, el primer contacto de los estudiantes se da en la asignatura de Física y Química de 2º de ESO, restringida al marco de referencia de La Tierra, como causante del peso. En 4º de ESO, los estudiantes estudian cinemática, lo que les permite describir movimientos de objetos en términos de posición, velocidad y aceleración. En ese momento, se comienzan a estudiar las fuerzas desde las leyes de Newton; que permiten describir los cambios en el movimiento de los cuerpos a través de la aceleración. Así, mediante el análisis de las fuerzas que actúan sobre un objeto, y la posterior deducción a partir de ese análisis de la aceleración neta sobre el, los estudiantes pueden describir y entender el movimiento de los cuerpos de manera integral.

Se completa con una descripción matemática, la caracterización del peso que se comenzó en 2º de ESO; sin embargo, para que esta sea completa hay que enmarcarla en la ley de gravitación universal, dejando el caso “ $m \cdot g$ ” como un caso particular que es aplicable en la superficie de La Tierra. A partir de ahí, es necesario describir los efectos de la gravedad más allá del peso en la superficie de La Tierra, y es donde entra el estudio de las órbitas, que en dicho punto se lleva a cabo de manera cualitativa, y no cuantitativa, porque para ello falta la introducción de la energía potencial y cinética gravitatorias, la energía mecánica.

## **Metodologías utilizadas**

El uso de las TICs, y más concretamente la resolución de problemas mediante computación, usando un lenguaje de programación; supone una metodología interesante y atractiva que no solo se encuentra entre los intereses personales del alumnado, sino que permite desarrollar los aspectos metodológicos previamente comentados; el aprendizaje colaborativo, basado en problemas, y personalizado. Además, programar ayuda a pensar y estructurar tareas, con lo cual, aprender desde jóvenes puede traer multitud de beneficios en el desarrollo de diferentes disciplinas (Clements &



Swaminathan 2012, Velasco 2014). Concretamente, el uso de simulaciones supone un acercamiento al estudio de la física mediante una interacción sensorial, lo cual construye una visión espacial de los modelos que ayuda a su comprensión (Reiner, 2009).

Aunque cada vez tiene más implantación y a más temprana edad, su presencia curricular en la ESO en Aragón se reduce a las asignaturas optativas de Tecnología de 4º de ESO (Orden ECD/489/2016), y en Bachillerato a las asignaturas optativas de Tecnologías de la Información y la Comunicación I y II (Orden ECD/494/2016). Es necesario apuntar que la programación ofrece una transversalidad mucho más allá de simulaciones físicas, con aplicaciones a campos tan diferentes como la medicina y la biología, la economía, el marketing y el diseño entre otros. Por ello, la programación informática es básica en nuestros días, representando “un segundo lenguaje en la era digital”.

### **Evaluación**

La evaluación de este proyecto didáctico comprendería en primer lugar los 4 ejercicios mandados para completar con la simulación, que se verán en la secuenciación de actividades. Estos ejercicios pueden considerarse como evaluación de tipo “prueba abierta”, aunque irían incluidos en el cuaderno de ejercicios del alumno, evaluación tipo “producción” presentado al final del periodo de evaluación correspondiente junto a los ejercicios de otros proyectos y unidades didácticas.

La participación en los debates y charlas, evaluación de tipo “escala de observación” se valoraría, pudiendo subir la nota de los ejercicios hasta el máximo (2 puntos), en caso de haber margen.

Dado que los objetivos relacionados con los contenidos del presente proyecto recogidos en el currículo oficial son de carácter cualitativo y no cuantitativo, no habría problemas relacionados en el examen del correspondiente periodo de evaluación, aunque sí habría preguntas cortas, evaluación de tipo “prueba abierta”.

Los estudiantes también valorarían el proyecto, junto con más proyectos, al final del periodo de evaluación correspondiente, con preguntas abiertas. Esto permitiría al docente hacerse una idea de la opinión de los estudiantes y así analizar los posibles puntos de mejora para cursos futuros.

### **3. Presentación de los trabajos seleccionados**

En el presente apartado, se realiza una presentación de los dos trabajos que han sido contextualizados y explicados en el apartado previo. Se va a proceder a describir las actividades planificadas y su secuenciación.

El proyecto sobre “Gravedad y órbitas” estaba diseñado para su aplicación en el aula, y por lo tanto, lo ideal sería poder completar esta presentación con una valoración y conclusión de los resultados de su aplicación, pero no pudo llevarse a cabo al no poder realizarse el Prácticum II presencialmente.

Como se ha comentado, el proyecto sobre “La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas”, no fue diseñado en origen para su aplicación; puesto más que un proyecto con una duración y actividades concretas, consiste en un cambio de metodología aplicable al bloque completo de la mecánica newtoniana. A pesar de ello, se describen a continuación las actividades principales a llevar a cabo.

### **3.1. La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas**

Tal y como se ha descrito ampliamente en el apartado previo, en este proyecto se llevaría a cabo la introducción de conceptos matemáticos para buscar una mejor comprensión de la teoría de la mecánica newtoniana. Llevar a cabo este método, no implica renunciar al resto de explicaciones mediante supuestos teóricos y prácticos de los conceptos y metodologías; es un complemento para comprender el origen matemático de sus postulados, que al ser trabajado desde las funciones matemáticas, puede facilitar la comprensión global del modelo con sus representaciones gráficas.

La consideración a realizar en este punto es, si es factible que se incluyan nociones básicas de derivación e integración en el bloque de funciones de 4º de ESO, permitiendo así una correcta explicación de la mecánica newtoniana en Física y Química desde el punto de vista matemático. Es cierto que, de acuerdo a los contenidos curriculares de Matemáticas, antes de llegar a la derivación e integración, hay que explorar aspectos como el análisis de funciones o límites; pero no es menos cierto, que con una adaptación curricular adecuada, puedan explicarse nociones en 4º de ESO que permitan su desempeño en Física y Química. Una vez tratado el concepto de función, la adaptación consistiría en explicar de manera intuitiva y con ejemplos qué es una derivada, y su proceso inverso, la integral, dando sólo los casos de las funciones más simples, y dejando las más complejas para cursos posteriores. Así pues, habría una sesión doble para explicar dichos contenidos. La metodología a seguir sería la de clase magistral, con apoyo de medios audiovisuales como los siguientes videos:

- “¿Qué son las derivadas?”: <https://www.youtube.com/watch?v=AzTGmJGIpI8> del canal “Derivando”
- “Integrales | Introducción” <https://www.youtube.com/watch?v=d7Y9Om4KCUM> del canal “Matemáticas profe Alex”.

También se pondrían continuamente ejemplos sencillos a resolver entre todos los estudiantes. Como ya se ha comentado, se evaluaría el aprendizaje de dichos conceptos matemáticos con un

concurso por grupos con sencillos casos prácticos de derivadas e integrales a resolver, así como preguntas dirigidas para valorar la comprensión de los conceptos.

A partir de la introducción de los contenidos matemáticos, se procedería a la explicación de los contenidos relativos a los bloques de mecánica newtoniana. En ciertos contenidos de estos bloques, nos detendríamos para ver las demostraciones matemáticas que llevan a las conocidas fórmulas, y relacionaríamos estas con casos gráficos, como vemos a continuación.

Las fórmulas usadas en el bloque de la mecánica newtoniana que se dan a los estudiantes para aprender de memoria son:

$$\text{Velocidad media: } v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\text{Aceleración media: } a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\text{Trayectoria en un MRU: } x(t) = x_0 + v_m(t-t_0)$$

$$\text{Velocidad en un MRUA: } v(t) = v_0 + a_m(t-t_0)$$

$$\text{Trayectoria en un MRUA: } x(t) = x_0 + v_0(t-t_0) + \frac{1}{2}a_m(t-t_0)^2$$

$$\text{Segunda ley de Newton: } F=ma$$

$$\text{Ley de gravitación universal: } F=G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\text{Peso: } P=m.g$$

$$\text{Trabajo: } W=F \Delta x$$

$$\text{Energía cinética: } E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{Energía potencial gravitatoria: } E_{pg}=mgh$$

Pero una alternativa a presentar la lista de ecuaciones junto con sus correspondientes explicaciones, es desarrollarlas desde las matemáticas. Para comenzar, en la parte de cinemática, es necesario definir la trayectoria de un cuerpo como una función del tiempo, a partir de ese concepto, se pueden introducir la velocidad y la aceleración, así como deducir el resto de expresiones mediante cálculo:

$$x = x(t) \rightarrow v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \rightarrow a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2 x(t)}{dt^2}$$

$$\begin{aligned}
& \text{MRU:} \\
& v(t) = v_m = \text{cte}, \quad a = 0 \\
& dx(t) = v_m \cdot dt \\
& \int_{t_0}^t dx = \int_{t_0}^t v \cdot dt \rightarrow x(t) = x_0 + v_m(t - t_0) \\
& \text{MRUA:} \\
& a(t) = a_m = \text{cte} \\
& dv(t) = a_m \cdot dt \\
& \int_{t_0}^t dv = \int_{t_0}^t a \cdot dt \rightarrow v(t) = v_0 + a_m(t - t_0) \\
& dx(t) = v(t) \cdot dt \\
& \int_{t_0}^t dx = \int_{t_0}^t v(t) \cdot dt \rightarrow x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2} a_m(t - t_0)^2
\end{aligned}$$

En cuanto a la dinámica, es necesario definir la conocida como segunda ley de Newton, así como la ley de gravitación universal, que es fruto de medidas experimentales. A partir de dichos conceptos, definiendo lo que es el trabajo y relacionándolo con la energía, se puede definir la energía cinética y la conservación de la energía mecánica:

$$\begin{aligned}
& \text{Trabajo en un desplazamiento: } \Delta W = \int_{t_0}^t F(t) v(t) \cdot dt \\
& \text{si } F = \text{cte y } v = \text{cte} \\
& \Delta W = F \Delta x \\
& \text{Energía cinética: } \Delta T = \Delta W = \int_{t_0}^t F(t) v(t) \cdot dt = \int_{t_0}^t m \cdot v(t) \cdot \frac{dv(t)}{dt} \cdot dt = \frac{1}{2} m(v(t)^2 - v_0^2)
\end{aligned}$$

La ley de gravitación puede expresarse como:

$$\begin{aligned}
& F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = \frac{-dV}{dr} \quad \text{entonces} \quad V = - \int F \cdot dr = G \frac{m_1 m_2}{r} \\
& \text{conocemos } V \text{ como energía potencial, que en el caso de un cuerpo} \\
& \text{de masa } m \text{ a una altura } h \text{ sobre la superficie de la Tierra:}
\end{aligned}$$

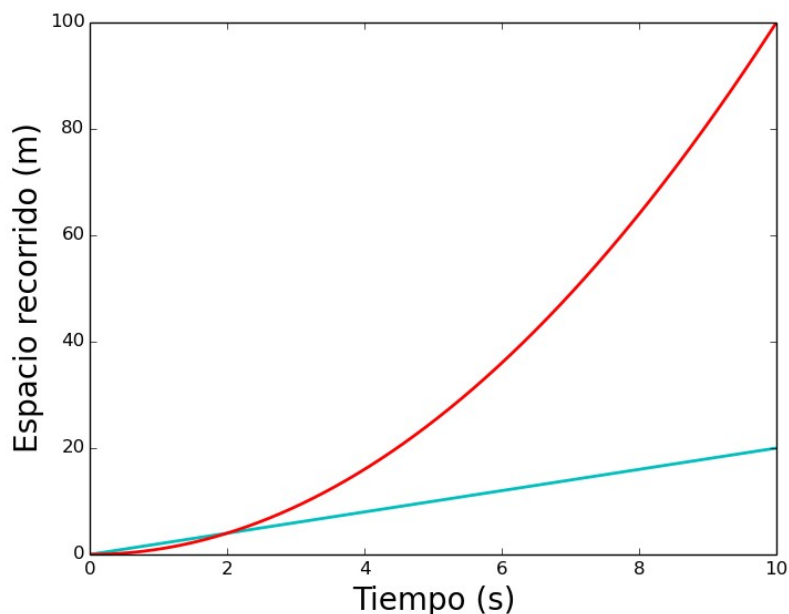
$$V = G \frac{M m}{R + h} \sim \dots \sim mgh$$

con  $g = GM/R$ , siendo  $M, R$  la masa y radio de la Tierra.

La conservación de la energía mecánica:

$$\begin{aligned}
& F = \frac{-dV}{dr} \rightarrow F \cdot v = \frac{-dV}{dr} \cdot v \\
& m \cdot \frac{d^2 r}{dt^2} \cdot \frac{dr}{dt} = \frac{-dV}{dr} \cdot \frac{dr}{dt} \\
& \frac{d}{dt} \left[ \frac{1}{2} m \left( \frac{dr}{dt} \right)^2 + V \right] = 0 \rightarrow \frac{d}{dt} [T + V] = 0 \\
& T + V = \text{cte.}
\end{aligned}$$

Además, se pondrían ejemplos gráficos para apoyar las nociones matemáticas. Como ejemplo, el siguiente ejercicio: “Explicar cuál de las gráficas representa un MRU y cuál un MRUA. ¿Cómo es la pendiente de cada una de ellas?. ¿Cómo lo calcularías?



Para hacer una planificación completa de las actividades, cabría considerar el contexto del aula en el que se desarrollarían, para tener en cuenta la diversidad del alumnado, y realizar las adaptaciones necesarias para fomentar la inclusión si así se requiriera.

Como ya se ha explicado en el apartado previo, la evaluación de este proyecto se llevaría a cabo a base de preguntas adicionales en el cuaderno de problemas del bloque que tendrían que completar los estudiantes. La evaluación del proyecto en sí no sería calificable al tratarse de contenidos extracurriculares, lo que se valoraría es el grado de éxito en la comprensión de la teoría física previa introducción de los conceptos matemáticos.

### Conclusiones

Con los resultados de una aplicación, podrían sacarse conclusiones acerca del proyecto, de manera preliminar, se puede establecer que en este trabajo se ha analizado la transposición didáctica en un libro de texto de los contenidos relacionados con la mecánica newtoniana, poniéndose de relieve entre otros asuntos, que hay una carencia de desarrollo matemático en sus postulados, para después llevar a cabo de manera esquemática el desarrollo matemático necesario, para concluir haciendo una previsión de los contenidos curriculares de matemáticas que se requerirían.

El esfuerzo de realizar una adaptación curricular de nociones básicas de derivación e integración para una mejor comprensión de la mecánica newtoniana es recomendable. Esto haría no solo que el estudiante comprenda mejor el modelo, pudiendo aplicarlo a un mayor número de casos, sino que también aumentará la capacidad analítica, y la familiarización temprana con aspectos de gran

importancia en cursos siguientes. Es cierto que hay parte del alumnado que después de 4º de ESO puede no continuar estudiando ciencias, o que incluso aunque siga, no esté interesado en la física y las matemáticas; pero la propuesta no es complementaria al método tradicional, dicho de otro modo, el estudiante siempre puede seguir aprendiéndose las fórmulas de memoria para aplicarlas en los supuestos prácticos.

Este representaría un ejemplo de reducción de la distancia entre las matemáticas y el resto de las ciencias, en este caso la Física. Enseñar matemáticas como si estuviesen aisladas del resto de las ciencias es una distorsión del conocimiento (Rodríguez, 2011), es necesario enseñarlas yendo más allá de ellas, y este es un ejemplo para poder llevarlo a cabo.

### 3.2. Gravedad y órbitas mediante computación

Tal y como se ha descrito ampliamente en el apartado previo, en este proyecto se llevaría a cabo una serie de actividades para tratar el contenido de la ley de gravitación universal y sus consecuencias más allá de la Tierra, mediante el uso de una simulación informática desarrollada por el docente que permitiera a los estudiantes iniciarse en la programación informática. Además, el proyecto involucra el estudio de los satélites artificiales, y el problema que supone la acumulación de basura espacial una vez entran en desuso (Garber, 2017), potenciando una implicación de los estudiantes en la realidad social y medioambiental que este hecho supone, algo que sin duda es uno de los intereses de los jóvenes actuales, quienes en muchos casos despiertan la conciencia social acerca del tema (Lázaro-Touza et al. 2019).

A diferencia del anterior, este proyecto, fue diseñado para desarrollarse como un proyecto cerrado con una serie de actividades y sesiones, para lo cual, el diseño y la secuenciación de las actividades, se llevó a cabo desde una perspectiva constructivista, con el estudiante en el centro del aprendizaje, descubriendo y sustituyendo ideas y conceptos, construyendo así el modelo científico. Por dicha secuenciación se tuvo en cuenta el punto de partida de los estudiantes, sus ideas previas, sus intereses y desarrollo; tal y como se ha desarrollado en los apartados previos.

Así, se siguió el modelo de secuenciación diseñado por Couso (2013), basado en una progresión de aprendizaje, que involucra tanto a la idea del modelo que tiene el alumno, y las diferentes actividades que se pueden realizar en la progresión de esa idea:

Progresión - Conocimiento	Progresión - Demanda	Objetivos de aprendizaje de la UD competencial	Actividades diseñadas para conseguir los objetivos de aprendizaje.
Desde el peso en la Tierra, a la ley de gravitación	- Discutir - Interpretar	Valorar la relevancia histórica y científica que la ley de la	<b>Actividad 1:</b> Introducción a la ley de

universal y sus consecuencias en la mecánica celeste.	- Trasladar - Explicar	gravitación universal supuso para la unificación de las mecánicas terrestre y celeste, e interpretar su expresión matemática.	gravitación universal.
Las órbitas desde la ley de gravitación universal, y cómo se relacionan con las caídas libres.	- Relacionar - Experimentar - Comparar	Aproximarse a la idea de que la caída libre de los cuerpos y el movimiento orbital son dos manifestaciones de la ley de la gravitación universal.	<b>Actividad 2:</b> Simulación de Órbitas.
Un caso particular de órbitas, los satélites. Aplicaciones y problemática al terminar su ciclo.	- Reconocer - Identificar - Explicar	Identificar las aplicaciones prácticas de los satélites artificiales y la problemática planteada por la basura espacial que generan.	<b>Actividad 3:</b> Los satélites.

A continuación, describimos las 3 actividades que fueron planificadas en el marco del proyecto. Tal y como se ha comentado, el orden de las actividades sigue el modelo de secuenciación de Couso (2013), las actividades progresan conforme progresa la idea del modelo que tiene el estudiante.

### **Actividad 1: Introducción a la ley de gravitación universal**

Como se ha comentado, es necesario saber de donde se parte, y a dónde se quiere llegar. En esta actividad, se pretende relacionar lo que los estudiantes conocen; la gravedad como fuerza en la superficie de la Tierra (el peso), y las leyes de Newton, con la ley de gravitación universal.

Se comenzaría en el aula con un debate, en el que se lanzan las siguientes preguntas:

*¿Por qué el peso es “m.g”?*

*¿Afecta el peso en un avión? ¿Y a los astronautas que están en la estación espacial internacional?*

*En caso de afectar...¿Lo hace de la misma manera?*

Tras el debate, el docente daría respuesta a las preguntas, y explicaría que el peso no es más que un caso particular de la ley de gravitación universal en la superficie de la Tierra:

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \rightarrow m_1 = M_T; d = R_T; m_2 = m \rightarrow g = G \frac{M_T}{R_T^2} \rightarrow P = F_g = m \cdot g$$

Una vez entendido, se abordarían las siguientes ideas previas, para introducir el papel de la ley de gravitación universal en la mecánica celeste:

*¿Por qué si la ley de gravitación universal es así... La Tierra no choca contra el sol, o la luna contra la Tierra? ¿Están los astronautas en ingravidez?*

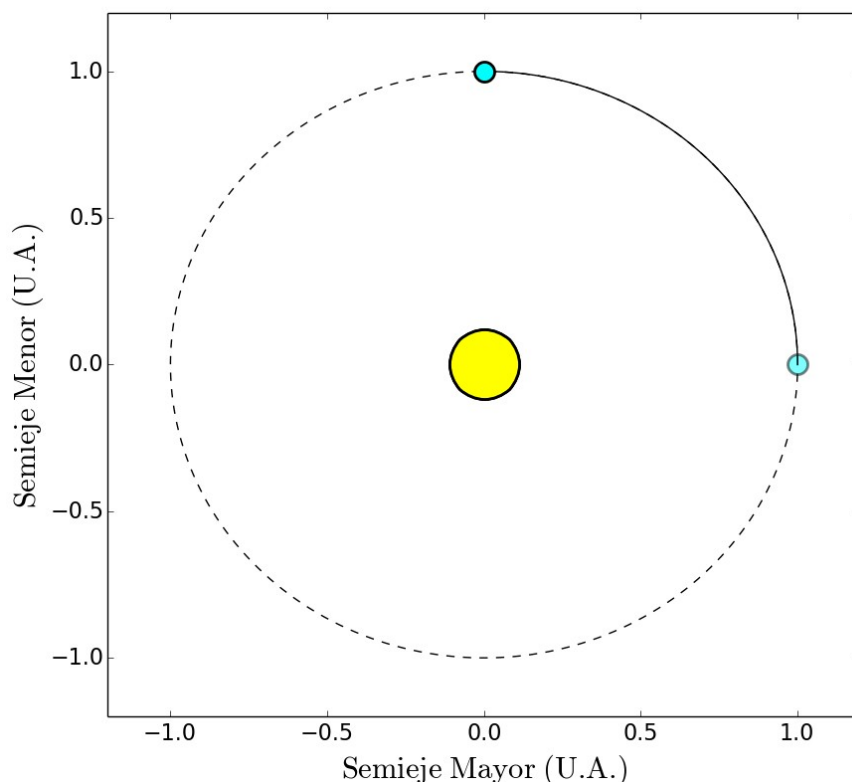
Como final, se reproduciría el siguiente video del canal “Quantum Fracture” de divulgación de física, que trata precisamente acerca la gravedad entre cuerpos celestes: [Si el Sol y la Tierra se Atraen, ¿Por qué No Chocan?](#)

### Actividad 2: Simulación de órbitas

Dada ya la ley de gravitación universal, y su efecto en cuerpos celestes, se profundizaría ahora en las órbitas; y para ello, esta actividad habría de realizarse en el aula de informática, donde los estudiantes ejecutarían una simulación de la atracción gravitatoria entre dos cuerpos, que por defecto serían el Sol y la Tierra. En primer lugar, se enseñaría a lanzar la simulación, lo cual solo requiere elegir:

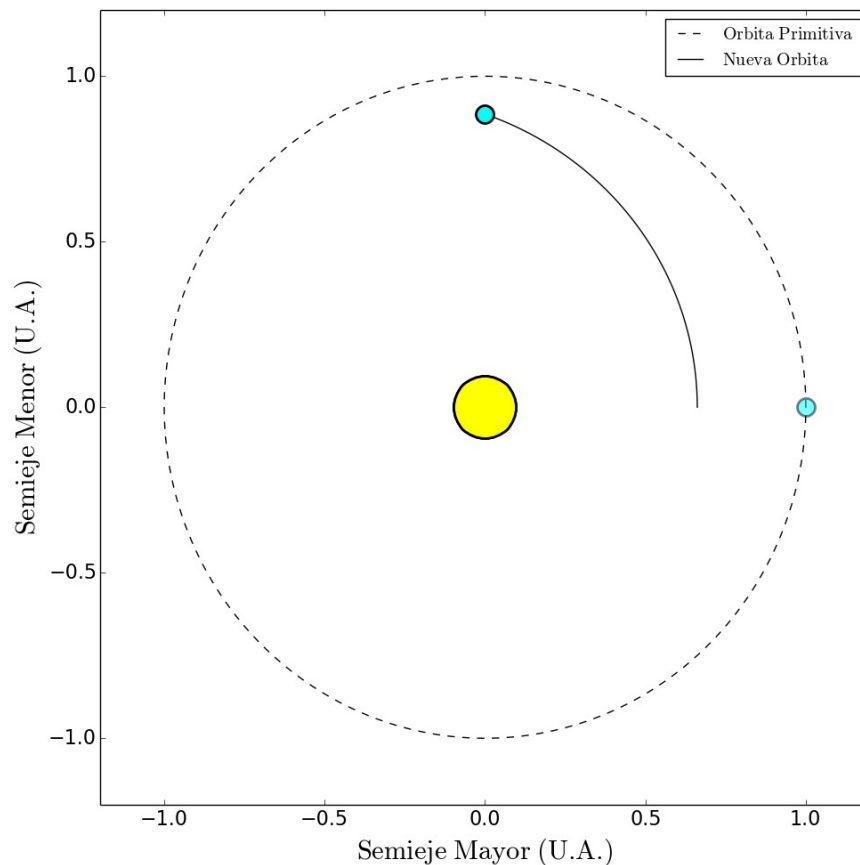
- 1) El número de órbitas que dibujar, ya sea un número entero o decimal.
- 2) La velocidad de la Tierra, en fracción de su velocidad media real.

Por ejemplo: “Dibuja un cuarto de órbita, con la tierra a su velocidad media”. Entonces es necesario lanzar el programa con **N\_órbitas = 0.25**, **V = 1**. Y se obtendrá:





Cuando la velocidad elegida es diferente a la real, por ejemplo, la mitad:  $N_{\text{orbitas}} = 1$ ,  $V = 0.5$ . Se obtiene la órbita nueva así como la órbita real de la Tierra, para comparar:



Una vez familiarizados con la simulación, se dejaría a los estudiantes interaccionar y probar con ella, para que vayan descubriendo lo que ocurre al imponer diferentes velocidades a la Tierra. Se mandarían los siguientes ejercicios:

- 1) Prueba velocidades sucesivamente menores desde 1 a 0.1 en pasos de 0.1, y observa como van cambiando las órbitas. ¿Cuál es la evolución de su forma? (0.33 pts)
- 2) Pinta las órbitas a  $V=1$  y  $V=0.1$ . En ambos casos...¿Hay mucha diferencia entre el punto más cercano al sol y el más lejano? (0.33 pts)
- 3) ¿Qué ocurre cuando  $N_{\text{orb}}=0.5$ ,  $V=0.01$ ? ¿Cómo lo relacionas con lo que ocurre en la superficie de la Tierra? (0.33 pts)

### Actividad 3: Satélites

De nuevo en el aula de informática, se comenzaría la sesión abriendo el código de la simulación y proyectándolo. En ese momento, el docente daría una charla sobre lo que es la programación, y su importancia en el desempeño de multitud de tareas en la sociedad actual, diciendo a sus estudiantes, que con total seguridad empezarán a aprender programación si eligen una carrera científico-técnica, y dando pautas para aquellos que quieran comenzar a programar.

El docente enseñaría el código a la clase brevemente, nombrando las diferentes partes y lo que hace cada una, para introducir a los estudiantes a la programación. Dado que es un código de gran sencillez, solo tiene una parte de definición de variables, otra de cálculos y otra de pintar resultados, así que resultaría de fácil comprensión para todos; no sería necesario entrar en detalles, más allá de lo que hace cada parte del código; el objetivo no sería desgranar línea por línea, sino que los estudiantes vieran un código de programación. Concretamente, la parte de definición de variables:

```
#Variables
M_grande = 1.98892e30      #Masa (kg) del cuerpo grande, por defecto, el sol.
M_pequeno = 5.9742e24      #Masa (kg) del cuerpo pequeño, por defecto, la Tierra.
d_pequeno=1.496e11         #Distancia (m) entre el cuerpo grande y el pequeño, por defecto, distancia Tierra-Sol
v_pequeno=29.8e3          #Velocidad (m/s) del cuerpo pequeño, por defecto, la Tierra
color_grande = 'yellow'    #Color para pintar el cuerpo grande, por defecto, amarillo (sol)
color_pequeno = 'cyan'     #Color para pintar el cuerpo pequeño, por defecto, cian (Tierra)
```

Así que, una vez enseñado el código, y dado que la parte de definición de variables es muy sencilla de visualizar y modificar. Se pediría a los estudiantes el siguiente ejercicio:

1) Modifica las variables para pintar:

a) La órbita de la Luna alrededor de la Tierra (0.5 pts)

b) La órbita de la estación espacial internacional alrededor de la Tierra  
(0.5 pts)

Sírvete de Internet para buscar los datos que necesitas de masas, distancia y velocidad, si hay alguno que no encuentras, pregunta al profesor.

Una vez terminado el ejercicio, se reproduciría el siguiente vídeo, en el que se explican las aplicaciones de los satélites, como ponerlos en órbita, así como el problema que suponen una vez dejan de estar operativos. El video es del canal “Wendower Productions”, un canal de divulgación, en inglés neutro, que los estudiantes podrían entender sin problema, aunque se apoyaría con subtítulos. [Space: The Next Trillion Dollar Industry](#)

Una vez terminado el video, se debatiría en clase sobre el problema que supone la basura espacial, y en vista de la evolución que va a experimentar el número de satélites en órbita, qué se puede hacer para minimizarlo.

Como en el proyecto previo, para hacer una planificación completa de las actividades, cabría considerar el contexto del aula en el que se desarrollarían, para tener en cuenta la diversidad del alumnado, y realizar las adaptaciones necesarias para fomentar la inclusión si así se requiriera.

Como ya se ha comentado en el apartado previo, la evaluación de este proyecto se llevaría a cabo mediante la introducción de los ejercicios mandados en el cuaderno de problemas del estudiante. También se valoraría la participación en los debates y charlas. En el examen del correspondiente periodo de evaluación se incluirían preguntas cortas de teoría. Además, habría una valoración por parte de los estudiantes del proyecto mediante preguntas abiertas para ayudar al docente a hacerse una idea de la opinión de los estudiantes y analizar posibles puntos de mejora de cara al futuro.

### **Conclusiones**

Para disponer de una reflexión y conclusión fidedignas del proyecto, lo ideal habría sido poder haberlo aplicado en el aula; sin embargo las circunstancias de la actualidad lo han impedido. No obstante, puede ser aplicado y evaluado en el futuro, y así se intentará.

Lo que se pretende con este proyecto es principalmente, enseñar física, claro está; pero la enseñanza de la física necesita, hoy más que nunca, sufrir una revolución desde que se empieza a impartir en los institutos, hasta niveles universitarios.

Tenemos la suerte de vivir en un momento en el que la física puede ir mucho más allá de la pizarra y el papel, sin requerir una inversión cuantiosa de dinero. Hay multitud de recursos que nos permiten acercarnos a la física de maneras innovadoras, haciendo más interesante, atractivo y variado su aprendizaje. Considero que es necesario complementar la enseñanza de la física con estas herramientas, que permitan a los estudiantes conocer ese mundo de posibilidades a la vez que aprenden física.

Ese ha sido el objetivo principal de este proyecto, hacer progresar a los estudiantes en física, pero también involucrando simulaciones, videos, búsquedas en internet..., herramientas que forman parte de ellos, y de sus principales intereses dada la época en la que han nacido.

## **4. Reflexiones**

En este apartado, se van a realizar una serie de reflexiones respecto a los proyectos elegidos para la presente memoria. En primer lugar se va a hacer una reflexión conjunta de ambos proyectos, para después pasar a una individual en el que se tendrá en cuenta tanto el punto de vista del docente, el

del alumno, y se valorarán las posibles mejoras a realizar. Finalmente, se hará una reflexión global sobre la experiencia docente.

#### **4.1. Reflexión común a los dos proyectos**

Los dos proyectos descritos en profundidad a lo largo de la presente memoria, tienen numerosos puntos en común. No sólo están ideados para el mismo curso y asignatura, sino que además tratan el mismo bloque de contenidos. Es por ello, que tal y como se ha visto en el apartado 2, existen multitud de elementos comunes.

Ambos cuentan con un elemento innovador como base principal, en el caso del primero, este es el uso de contenidos extra de matemáticas, mientras que en el segundo, es el uso de una simulación manejada por un lenguaje de programación informática. El segundo proyecto, sin duda está llamado a despertar mayor interés que el primero en los estudiantes, debido a que implica el uso de tecnología con la que están ampliamente familiarizados.

En cuanto al enfoque, ambos fueron diseñados desde un punto de vista constructivista, diseñando las actividades y la secuenciación de las mismas de manera que el estudiante va sustituyendo y conectando ideas como proceso de aprendizaje, sobre todo en el segundo proyecto, ya que el primero, como se ha dicho, más que un proyecto cerrado con una serie de actividades, constituye una modificación de la metodología tradicional de impartir el bloque de la mecánica newtoniana.

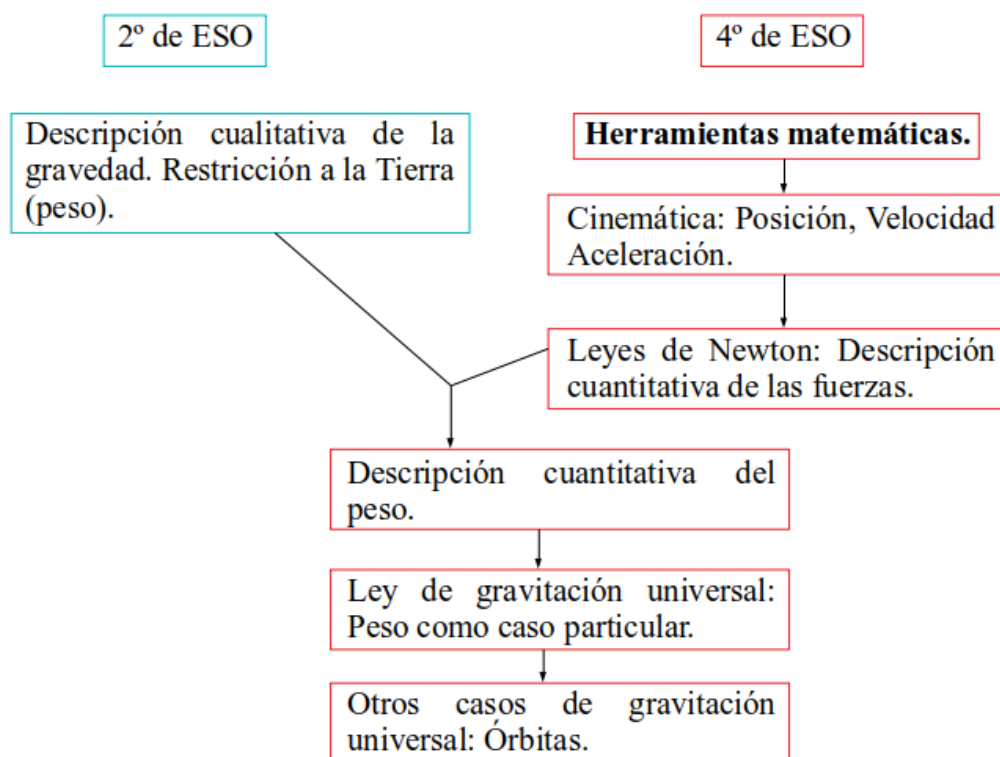
Por el hecho de compartir bloque de contenidos, a la hora de planificar ambos proyectos se han tenido en cuenta ideas previas y posibles dificultades similares. Ambos comparten dificultades metodológicas como la asignación de sistemas de referencia y coordenadas. En el caso del primero, destaca la dificultad metodológica que supone la correcta utilización de las matemáticas como lenguaje científico, mientras que en el segundo, destaca la dificultad metodológica que supone enfrentarse a un lenguaje de programación por primera vez. Además, en el segundo proyecto, destacan las dificultades conceptuales que derivan de ideas previas asociadas a la gravedad, las cuales precisamente se pretenden atacar mediante el proyecto.

Ambos proyectos, y en general cualquier proyecto enmarcado en cualquier ámbito de la física, fomentan el aprendizaje basado en problemas. La física es inherente a los problemas y casos prácticos, ya que han sido las preguntas que ellos representan las que le han hecho avanzar a lo largo de los siglos como ciencia básica.

Desde un enfoque constructivista, ambos proyectos contribuyen a un aprendizaje personalizado de la materia, dado que en última instancia es el estudiante el que realiza el aprendizaje adaptando y sustituyendo sus ideas, a pesar de ello, con ambos proyectos se ha querido fomentar el aprendizaje

colaborativo, mediante actividades que impliquen comunicación y colaboración para la resolución de problemas y casos prácticos.

Desde un punto de vista didáctico, el orden de exposición de los proyectos no ha sido casual, ya que el primero se refiere al bloque completo de la mecánica newtoniana, mientras que el segundo está centrado en una parte de este, como es la ley de gravitación universal. Llevar a cabo el primer proyecto, con una descripción matemática rigurosa de los movimientos a partir de la aceleración, velocidad y posición de los cuerpos, facilitaría sin duda la comprensión del tema del segundo proyecto, la gravitación, como un caso particular de fuerza que causa una aceleración determinada en un cuerpo y a partir de la cual se puede calcular su trayectoria en el tiempo. El hecho de conocer una descripción matemática cuantitativa del movimiento, permite pasar de una descripción cualitativa de la gravedad y las fuerzas en general, como la que se hace en 2º de ESO, a una descripción matemática cuantitativa de las fuerzas en 4º de ESO. En la siguiente figura, se hace un diagrama de la relación de contenidos entre ambos:



## **4.2. Reflexión sobre “La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas”**

En cuanto al primer proyecto, en primer lugar, y desde el punto de vista del docente, cabe destacar el hecho de que, aunque sea meramente introductorio, se va a impartir contenido que no pertenece a la asignatura ni al curso, con lo cual, sería necesario coordinar la actividad junto con el correspondiente departamento de matemáticas, y contar con su asesoramiento y ayuda.

Dado lo avanzado del contenido, y la poca preparación de los estudiantes en el tema, es necesario que el docente seleccione la información que quiere transmitir cuidadosamente, y prepare bien las sesiones de contenidos matemáticos, ciñéndose a lo necesario para que contribuya a una mejor comprensión de la mecánica newtoniana. Por ello, definiciones formales de conceptos como derivada e integral, deberían dejarse de lado y ser aplazados a su momento correspondiente en la asignatura de matemáticas, para centrarse más en el “qué significa” hacer una derivada y su operación inversa, una integral, y cómo hacer los casos más sencillos; dado que no se necesitan los más complejos para hacer una exposición matemática de la cinemática a nivel de secundaria.

Como ya se ha comentado durante la memoria, al tratarse de un contenido extra, el docente no ha de exigir que los estudiantes hagan una descripción matemática rigurosa de cara a las calificaciones. Es decir, tratándose de la mecánica newtoniana, si un estudiante aprende una fórmula de memoria sin conocer el origen matemático de la misma, y la usa correctamente en cada caso, el objetivo marcado para la asignatura y el curso ya estará cumplido.

Dado lo innovador de la propuesta, y dada la posibilidad de que pueda no resultar o incluso causar confusión, es necesario que el docente haga una valoración continua, además de al final del bloque, de como es recibida por parte del alumnado.

Personalmente, tengo mucha curiosidad por llevar a cabo este proyecto, pero soy consciente de la dificultad que entraña por tratarse de algo tan complejo como contenidos extra de matemáticas, en un curso como 4º de ESO, donde especialmente el contexto del aula sin duda puede favorecer o perjudicar a su éxito.

Como posibles puntos de mejora, sin duda se puede llevar a cabo un diseño de actividades más detallado y dirigido a los objetivos, tanto en la fase de contenidos matemáticos como en la fase de contenidos físicos. Poder realizar el proyecto en un aula proporcionaría la guía necesaria para tal fin.

## **4.3. Reflexión sobre “Gravedad y órbitas mediante computación”**

En cuanto al segundo proyecto, el elemento metodológico central es el uso de la programación, y será necesario que el docente tenga constantemente presente que con casi total seguridad, un

proyecto así consistiría en el primer contacto con la programación de la mayoría de los estudiantes del aula.

Al igual que en el caso previo, dado que la programación informática se ve en otras asignaturas, como “Tecnología” o “Tecnologías de la Información y Comunicación”, sería necesario coordinarse con los docentes de dichas asignaturas, y contar con sus sugerencias y proposiciones.

En todo el proyecto, no ha de olvidarse que el objetivo central es que los estudiantes aprendan física, y la programación es sólo una herramienta para ello, por tanto, esta no ha de acaparar la mayoría del tiempo sino servir para la explicación de los conceptos físicos. Por esa razón, ningún asunto relacionado con la programación será calificado.

Es necesario que el docente, a la hora de introducir el código de programación haga hincapié en aquellas partes que los estudiantes están capacitados para entender, como la definición de variables, tan sólo describiendo las funciones de las demás.

Al igual que en el anterior caso, además de la evaluación final de la actividad, el docente ha de hacer una valoración continua de las actividades que se vayan realizando, pudiendo adaptarse estas si es necesario.

Como posibles puntos de mejora, puede valorarse el uso de otros lenguajes de programación más orientados al estudiante de secundaria con interfaces gráficos más atractivos, como Scratch, pero por otra parte, Python es un lenguaje de actualidad en multitud de ámbitos, lo cual puede proporcionar una experiencia valorable a los estudiantes. Además, personalmente, es el lenguaje de programación que más domino, lo cual me ha permitido desarrollar una simulación más compleja y con más utilidades. Por supuesto, los resultados de las primeras aplicaciones del proyecto en aulas darían valiosa información para la mejora del proyecto.

Como ya se ha comentado, la simulación y las actividades son adaptables a diferentes niveles, y pueden utilizarse para cursos superiores, como es el caso del bloque de interacción gravitatoria de 2º de Bachillerato, descrito en el proyecto de innovación docente para la asignatura “Innovación e investigación educativa en física y química”.

#### **4.4. Reflexión de la experiencia docente**

El máster, ha supuesto un gran descubrimiento para mí de lo que es la profesión docente, tal y como se describió en el apartado 1.2, a través de las diferentes asignaturas he podido conocer todas las dimensiones que comprende, la organizativa, la del adolescente como centro, y la didáctica.

El prácticum I me permitió vivir en la práctica la dimensión organizativa de un centro, desde la legislación estatal a las programaciones de las asignaturas, pasando por todos los puntos medios, como la legislación autonómica y los documentos institucionales del centro. Considero que el Prácticum I, es un momento muy importante en el desarrollo del máster, y en la conexión de los

alumnos y alumnas de este con la realidad de un centro educativo. Muchos de nosotros y nosotras elegimos la opción de la docencia sin estar plenamente seguros y seguras de ello. La inseguridad viene mayoritariamente del desconocimiento, y como es lógico, se contrarresta con conocimiento. De ahí, la importancia de adentrarse en un centro educativo, y conocer como funciona para terminar eligiendo o no el desempeño de la actividad docente, máxime cuando, como en mi caso, sólo se ha conocido un centro educativo en la vida, y sólo como alumno.

Mi primera reflexión tiene que ver precisamente con este asunto, la diversidad de centros existentes y lo diferentes que pueden ser. Yo pasé toda mi escolarización en el colegio del Salvador, y mi visión de cómo es y funciona un centro educativo se limitaba a las experiencias vividas allí como alumno. Al hacer las prácticas a San Valero, que principalmente elegí por la variedad de estudios e itinerarios que presenta, pero que también resulta ser un colegio concertado y religioso, esperaba encontrar un centro similar al mío.

Sin embargo, lo que encontré es un centro completamente diferente; en primer lugar me sorprendió el tamaño, muy pequeño para la cantidad de estudios que oferta, y el número de alumnos que hay, así pues, la gestión de espacios y la eficiencia de recursos es un tema capital para su funcionamiento. Me sorprendió también lo anecdótico de la dimensión religiosa del centro en su desarrollo diario, durante los días que pasé allí, no vi nada que sin saberlo me hubiera hecho pensar que estaba en un centro religioso. Encuentro también diferente la relación profesorado-alumnado, que percibo más distendida y cercana en San Valero; pero lo que más me llamó la atención, es la gran cantidad de actividades, proyectos, iniciativas, servicios, etc... que se llevan a cabo, con lo que se tiene. La imagen que se me quedó del centro es de humilde y muy trabajador.

La acogida por parte del centro fue muy satisfactoria, desde el primer día, organizaron reuniones de todos los estudiantes del prácticum con los diferentes responsables, de manera que no tuvimos que hacer nosotros el trabajo de averiguar quien dirige un determinado asunto, buscarle, y preguntarle. Mi tutora me dio todas las facilidades para desarrollar el prácticum, resolviendo todas las dudas, y poniéndome en contacto con más profesores del departamento para poder ir a sus clases. El día a día en el centro transcurrió entre las reuniones, las clases, y el tiempo de trabajo personal.

Considero que el centro está muy bien organizado a todos los niveles, y se percibe un buen funcionamiento de todos los órganos, en el que cada uno sabe muy bien cuál es su función. Dicha organización no está reflejada en muchos casos en los documentos y proyectos que cabe esperar dada la legislación vigente, pero si que lo está en otros documentos similares. El centro se encuentra ahora mismo en un proceso de adaptación de los mismos a los cambios legislativos de los últimos años. Convendría que una vez que terminen dicha tarea, hicieran públicos esos documentos para la comunidad educativa, preferentemente en su página web.



La breve experiencia en las aulas fue muy positiva, observé clases donde se aplicaba la metodología de aprendizaje cooperativo, y también clases dadas con metodología “clásica” de pizarra y tiza. El hecho de haber visto experiencias de innovación hizo que ese distanciamiento entre lo estudiado en el máster y lo vivido en el centro educativo, que muchos de mis compañeros de otros centros comentaron, no fuera aplicable a mi caso. En mi humilde y desautorizada opinión, tras ver las clases dadas con las diferentes metodologías, lo más importante es la implicación del docente, ocupando la metodología un segundo plano.

Disfruté más de las clases de Bachillerato que de las de la ESO, principalmente porque me cuesta más la adaptación de los conocimientos que es necesario realizar conforme más bajo es el nivel. Por esta misma razón, de haber llevado a cabo el Prácticum II, me habría gustado participar en más clases de la ESO, así como también en PAI, PMAR, FPB y los ciclos de formación profesional de grado medio y grado superior.

El prácticum II habría supuesto la culminación práctica de las dimensiones del adolescente como centro y la didáctica, sin embargo, al tener que ser realizado telemáticamente, no pudo completarse del todo. A pesar de ello, ha sido sin duda singular, a la vez que innovador. Está claro que tanto para mí como para todos mis compañeros, era la parte del máster que más esperábamos, ya que suponía el momento de enfrentarnos con un aula llena, y comprobar nuestras sensaciones.

Podría centrarme en el hecho de que no pude hacer clases presenciales, lo cual, como experiencia docente, resultó en una experiencia incompleta, ya que es complicado que una esta sea plenamente satisfactoria sin siquiera poner cara a los estudiantes, sin embargo, me parece que cualquier comentario adicional al respecto es además de obvio, poco enriquecedor; y dado que dadas las circunstancias, resultaba inviable hacer clases presenciales, prefiero centrarme en los aspectos positivos de lo que sí que hice.

El primer hecho que quiero destacar, es que como aspirante a docente, pude participar en el comienzo y desarrollo de la que seguramente será la revolución más importante en la enseñanza en las próximas décadas, la implantación de la enseñanza virtual. Y es que, esta implantación, que debería haber sido progresiva, se ha visto exponencialmente acelerada de manera brusca, debido al confinamiento. Cambios y adaptaciones que deberían haberse realizado durante años, ocurrieron en unas semanas, llevando tanto a docentes y a estudiantes, a una innovación sin precedentes en el uso de las TICs en el ámbito educativo. Este cambio tan brusco sin duda tiene aspectos negativos, que más tarde analizaré desde mi perspectiva, pero no cabe duda que tiene un aspecto muy positivo, y es que ha situado a toda la comunidad educativa en un nivel común de manejo de aplicaciones y utilidades informáticas que sin duda repercutirá de manera muy satisfactoria en el futuro, y que de ninguna otra manera podría haberse alcanzado.

Pero como he comentado, este cambio tan brusco saca a relucir problemas que no podían preverse, y para los cuales no ha podido haber solución de momento, pero que sin duda estarán en el centro a la hora de mejorar y actualizar las metodologías de educación a distancia. El primer problema que quiero destacar, puesto que está en la base de prácticamente todos los demás, es que la no disponibilidad de material o recursos informáticos, penaliza gravemente a aquellos estudiantes que la sufren, y es muy difícil para ellos seguir el curso, pero también para los docentes adaptarse a sus circunstancias sin que suponga un agravio comparativo con el resto de estudiantes. Si la educación a distancia va a tener mayor implantación en el futuro, ha de garantizarse un acceso universal a ella, o de otra forma, no puede cumplir con su misión.

Otro importante problema que pude comprobar en la educación a distancia, es que la interacción con los estudiantes es mínima, y aunque como docentes, seamos capaces de transmitir mediante todo tipo de materiales audiovisuales los contenidos; se pierde una parte muy importante de la relación del profesorado con el alumnado, y hace más difícil una atención personalizada a los estudiantes y el desarrollo de una educación inclusiva atendiendo a la diversidad, así como el control del absentismo escolar. Con recursos y aplicaciones informáticas que permitieran tener una interacción fluida en directo, este problema podría en parte sobreponerse, pero ahí entra en juego el primer problema que he comentado, haciéndolo aún más importante si cabe.

Evaluar y calificar a distancia se ha convertido también en un problema, puesto que no hay posibilidad de hacer exámenes en igualdad de condiciones para todos los estudiantes. En el futuro, los docentes han de seguir innovando para llegar a métodos de evaluación y calificación que dejen de lado a los tradicionales exámenes, a la vez que sean representativos del aprendizaje de los estudiantes, y puedan desarrollarse en igualdad de condiciones.

Este no es el único problema centrado en los docentes, me gustaría destacar también, que el desempeño de la educación a distancia, pero incluido en un modelo tradicional, les ha traído un incremento importante de tiempo de dedicación a tareas que de otra manera serían más rápidas. Por ejemplo, tener que resolver y escanear las soluciones de los problemas en mi caso, o atender y responder dudas por correo electrónico; son tareas que con una pizarra, y en vivo, no requerirían el tiempo que requirieron. Sin duda, este hecho es algo circunstancial, y con el refinamiento de las metodologías en la educación a distancia, la eficiencia mejorará sustancialmente.

Para concluir, me gustaría destacar que considero que tuve mucha suerte de poder hacer el Prácticum en San Valero, puesto que su actitud ante el confinamiento fue de continuar con las clases al 100%, incluso siguiendo los horarios originales, haciendo que lo hecho en casa, se pareciera lo máximo posible a lo hecho en el centro. Por ello, mi experiencia docente resultó ser mejor de lo que cabía esperar. El proceso de preparar las clases con detalle, y poder desarrollarlas plenamente tal y

como las había planificado resultó satisfactorio, aún teniendo en cuenta que esto pudiera deberse a la desconexión literal de muchos estudiantes. Este hecho, por ejemplo, sería más difícil de llevar a cabo en una clase presencial, donde es más habitual tener que ajustar continuamente la clase y su ritmo a diversas circunstancias, algo que espero comprobar lo más pronto posible en el desarrollo de mi carrera docente.

## 5. Conclusiones

A continuación, se describen algunas de las conclusiones obtenidas a lo largo de la memoria.

Conclusiones globales:

- Se ha realizado una reflexión del máster, agrupando los saberes en torno a tres dimensiones: la organizativa, la del adolescente como centro, y la didáctica.
- Se ha descrito con detalle la experiencia didáctica, contando con la experiencia de haber realizado un periodo de docencia a distancia como el Prácticum II, destacando como conclusión principal, la urgencia de reducir la brecha digital.
- La enseñanza de la física requiere de innovación, en base a numerosos retos como la pérdida de interés por parte del alumnado, o la dificultad que entrañan las matemáticas como lenguaje.
- El contexto actual de la sociedad, con un acceso prácticamente ilimitado y gratuito a multitud de recursos, favorece el poder trabajar por proyectos en educación.
- En ciencias, trabajar por proyectos implica una transposición didáctica del saber científico en base a las ideas previas, las posibles dificultades de aprendizaje, y los intereses del estudiante.
- El trabajo por proyectos en física favorece el uso de metodologías de aprendizaje basado en problemas, y tanto de aprendizaje colaborativo como de aprendizaje personalizado.

Proyecto 1: “La mecánica newtoniana en 4º de ESO desde las matemáticas”

- Se ha analizado la transposición didáctica en un libro de texto de los contenidos relacionados con la mecánica newtoniana, poniéndose de relieve entre otros asuntos, que hay una carencia de desarrollo matemático en sus postulados.
- Se ha realizado una previsión y posterior propuesta de los contenidos curriculares de matemáticas que se requerirían para dar una descripción matemática de la mecánica newtoniana.
- Aunque no se ha podido probar el proyecto, se recomienda el esfuerzo de realizar una adaptación curricular de nociones básicas de derivación e integración para una mejor

comprensión de la mecánica newtoniana, haciendo que el estudiante comprenda mejor el modelo, y pueda aplicarlo a un mayor número de casos, aumentando además la capacidad analítica, y la familiarización temprana con aspectos de gran importancia en cursos siguientes.

- Se han propuesto mejoras para el futuro, como un diseño más detallado y dirigido de actividades, las cuales se desarrollarán al llevar el proyecto a cabo y recibir información de su evaluación.

#### Proyecto 2: “Gravedad y órbitas mediante computación”

- Se han analizado los contenidos relativos a la ley de gravitación universal y en base a ello, se ha diseñado una serie de actividades desde una perspectiva constructivista para trabajar los contenidos y superar las ideas previas.
- Para el desarrollo de las actividades se ha introducido el uso de lenguajes de programación, para que los estudiantes se comiencen a familiarizar con una herramienta tan indispensable en multitud de ámbitos de la sociedad actual.
- Se han propuesto mejoras para el futuro como el uso de otros lenguajes de programación más interactivos y con una interfaz gráfica más amable.

Personalmente, en el futuro me gustaría que los ejes de mi labor como docente fueran:

- Llevar a cabo planes de acción tutorial cuando sea posible, que permitan trabajar con los estudiantes valores importantes para la ciudadanía.
- La atención a la diversidad del alumnado para hacer efectiva una inclusión que deje satisfecho al mayor porcentaje posible.
- Hacer una preparación previa de todas las clases, introduciendo elementos que las dinamicen y permitan un mejor seguimiento.
- Hacer hincapié en la comunicación con los estudiantes, para establecer una relación alumno-docente de confianza y respeto.
- En cuanto a las metodologías, en la clase tradicional, me centraría en usar metodologías de aprendizaje por problemas y personalizada, favoreciendo la producción de material de estudio propio para cada estudiante.
- Me gustaría combinar todo lo anterior con proyectos a lo largo del curso, que favorecieran el aprendizaje colaborativo y el uso de las TIC, como el ejemplo del uso de simulaciones en física, que pretendo no sólo expandir a más ámbitos de la misma, sino también a la química.

## 6. Bibliografía

- Alís, J., Sala, S., Sanmartín, J., Domínguez-Sales, M. (2018). Física y Química 4º ESO. Recuperado de <http://didacticafisicaquimica.es/contenidos/>
- BBC Mundo (2015). Las 10 preguntas básicas de ciencia que hacen los niños y los adultos no saben responder. Recuperado de:  
[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151106\\_preguntas\\_ciencia\\_basicas\\_padres\\_lp](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151106_preguntas_ciencia_basicas_padres_lp)
- Becerra-Labra, C., Pérez, D., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J. (2005). ¿Podemos mejorar la enseñanza de la resolución de problemas de lápiz y papel en las aulas de Física y Química?, *Educación química*, 16(2), 230.
- Becerra-Labra, C., Gras-Martí, A. & Martínez-Torregrosa, J. (2012). Effects of a Problem-based Structure of Physics Contents on Conceptual Learning and the Ability to Solve Problems. *International Journal of Science Education*. 34, 1235-1253.
- Campanario, Juan Miguel; Otero, J. «Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias». *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, [en línea], 2000, Vol. 18, n.º 2, pp. 155-69.
- Cheng, S.C., She, H.C, Huang, L.Y. (2017). The Impact of Problem-Solving Instruction on Middle School Students' Physical Science Learning: Interplays of Knowledge, Reasoning, and Problem Solving. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 14(3), 731–743.
- Chevallard, Y. (1998). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- Clements, Douglas & Swaminathan, Sudha. (2012). Technology and School Change New Lamps for Old?. *Childhood Education*. 71(5), 275-281.
- Couso, D. (2013) La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*. 74(1), 12-24.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- Elizondo Treviño, María del Socorro (2013) Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*, 3 (5). pp. 70-77.
- Garber, Stephen J. (2017) Incentives for Keeping Space Clean: Orbital Debris and Mitigation Waivers. *Journal of Space Law*, 41(2), 179-201.

Hinojosa, J., Sanmarti, N. (2013). Dificultades en la transferencia del modelo de mecánica newtoniana. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Ext. 1, 1748-53.

Lázaro-Touza, L., González-Enríquez, C., Escribano-Francés, G. (2019). Los españoles ante el cambio climático. *Real Instituto Elcano*.

Lizaso, I., Acha, J., Reizabal, L. y García-González, A.J. (2017). *Desarrollo biológico y cognitivo en el ciclo vital*. Madrid: Pirámide.

Manzanal, R.F., & Barreiro, L.M. (2005). Conocimientos previos, nivel de desarrollo cognitivo e inteligencia: un estudio sobre su influencia en el aprendizaje de la física. *Anuario de pedagogía*, ISSN 1575-6386, Nº 7, 2005, 283-292.

Petrucchi, D., Cappannini, O. M. (2017). La mecánica newtoniana en el aula. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 89, 22-28

Pey Tee Oon & R. Subramaniam (2011) On the Declining Interest in Physics among Students—From the perspective of teachers, *International Journal of Science Education*, 33:5, 727-746, DOI: [10.1080/09500693.2010.500338](https://doi.org/10.1080/09500693.2010.500338).

Reiner M. (2009) Sensory Cues, Visualization and Physics Learning, *International Journal of Science Education*, 31:3, 343-364, DOI: [10.1080/09500690802595789](https://doi.org/10.1080/09500690802595789)

Rodríguez, M.E. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. *Números. Revista de Didáctica de las matemáticas*, 77, 35-49.

Rubio, I. (2019). Las matriculaciones en carreras técnicas bajan pese a la demanda laboral. Recuperado de: [https://elpais.com/tecnologia/2019/09/24/actualidad/1569332904\\_298329.html](https://elpais.com/tecnologia/2019/09/24/actualidad/1569332904_298329.html)

Sanmarti Puig, N., & Márquez Bargalló, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista De Educación Científica*, 1(1), 3-16.

Vega, V. (2015). Project-Based Learning Research Review: Evidence-Based Components of Success. Recuperado de:

<https://www.edutopia.org/pbl-research-evidence-based-components>

Velasco, J.J. (2014). Niños programadores: para qué sirve la enseñanza de programación en las escuelas. Recuperado de:

[eldiario.es/turing/Ninos-programadores-ensenanza-programacion-.escuelas\\_0\\_293970921.html](http://eldiario.es/turing/Ninos-programadores-ensenanza-programacion-.escuelas_0_293970921.html)

Wainmaier, C., Salinas, J. (2005). Incomprensiones en el aprendizaje de la mecánica clásica básica. *Revista de enseñanza de la física*, 18(1), 39-54